

9. ESTUDIO DE BACTERIAS MAGNETOTÁCTICAS EN LAGOS–CRÁTER: CÍNTORA Y LA JOYA

*Zatarain-P., Eva-Cecilia¹✉; Pérez-Vázquez, Miriam-Evelia²; Valerdi-Negreros,
Julio-César³; Brito-S., Elcia-Margareth³*

¹Unidad Académica Escuela de Biología, Universidad Autónoma de Sinaloa – Sinaloa, México; ²Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA), Universidad de Guadalajara – Jalisco, México; ³Ingeniería Ambiental (DI-GCT), Universidad de Guanajuato – Guanajuato, México.

*Calzada de las Américas y Universitarios, s/n, Ciudad Universitaria, 80040
Culiacán Rosales, Sinaloa. Teléfono: 01 667 713 4043 y 53
e-mail: ¹✉ec.zatarain@gmail.com*

ABSTRACT

*The Trans-Mexican Volcanic Belt (TMVB) is a diverse and complex volcanic arc crossing the center of México, some Crater Lakes are found between its formations and there are more than 30 of these only in the State of Guanajuato, among them Las Siete Luminarias [7]. We studied two crater lakes of the TMVB: Cíntora and La Joya; Cíntora is one of the less studied lakes of the Valle de Santiago, outside this region there is La Joya, both lakes are alkaline [2] for this reason, both lakes can be considered extreme environments. Sediment samples were collected from these Crater Lakes on July of 2015 to observe the presence of Magnetotactic Bacteria (MTB). The pH, salinity and temperature were measured *in situ*, and samples were taken for physicochemical and microbiological characterization. The physicochemical parameters measured were PO₄, NO₃ and NH₃ and the microbiological ones were measured by the counting of Colony-Forming Unit and Most Probable Number. To verify the presence of Magnetotactic Bacteria we applied an electromagnetic field to concentrate the microorganisms in the north pole of the field, this movement was given for the presence of magnetosomes which they use to align and swim along the geomagnetic field lines; once concentrated the microorganism were observed by optic microscopy proving the presence of MTB on both lakes.*

Keywords: *Environmental bioprospecting, Magnetotactic Bacteria, Magnetoaerotaxis, Crater-Lake.*

RESUMEN

El Cinturón Volcánico Transmexicano (CVTM) es un arco volcánico variado y complejo que atraviesa el centro de México. Entre sus formaciones se encuentran los Lagos Cráter, habiendo más de 30 en el Estado de Guanajuato entre ellos los que conforman Las Siete Luminarias en el Valle de Santiago [7]. Estudiamos dos Lagos Cráter del CVTM: cíntora y la Joya, Cíntora está ubicado en el valle de Santiago y es uno de los Lagos Cráter menos estudiados, fuera de esta región está La Joya con la que Cíntora comparte la característica de ser alcalinos [2], por lo que pueden ser considerados como ambientes extremos. En Julio de 2015 se colectaron muestras de sedimentos de estos Lagos Cráter para observar la presencia de Bacterias Magnetotácticas. Se midió pH, salinidad y temperatura y

nutrientes *in situ*, y se tomaron muestras para la caracterización fisicoquímica y microbiológica. Los parámetros fisicoquímicos medidos fueron PO_4 , NO_3 y NH_3 mientras que los microbiológicos fueron por conteo de Unidad Formadora de Colonias y Número Más Probable. Para observación de las Bacterias Magnetotácticas (MTB) se aplicó un campo electromagnético para concentrar a los microorganismos en el polo norte de éste, este movimiento se dio por la presencia de magnetosomas en las MTB los cuales utilizan para alinearse y nadar a lo largo de las líneas del campo geomagnético; una vez concentrados, los microorganismos se observaron por microscopía óptica comprobando así la presencia de MTB en los lagos estudiados.

Palabras clave: *Bioprospección ambiental, Bacterias Magnetotácticas, Magnetoaerotaxia, Lagos-Cráter.*

INTRODUCCIÓN

El Cinturón Volcánico Transmexicano (CVTM) es un arco volcánico variado y complejo cuyo sector central atraviesa el Estado de Guanajuato. Entre sus variadas formaciones volcánicas se encuentran los Lagos Cráter [7], que son lagos formados en la caldera de un volcán. Entre los lagos cráter destacan los denominados Maar, que se formaron por una erupción explosiva al entrar en contacto el magma del volcán con el agua del manto freático [2]. En el estado de Guanajuato existen más de 30 de estas formaciones [7], siendo las más conocidas las que conforman las Siete Luminarias en el Valle de Santiago; En este trabajo se estudiaron dos Lagos Cráter: Cíntora, que forma parte de las Siete Luminarias y La Joya, en Yuriria. Lago Cíntora es uno de los lagos menos estudiados biológica y fisicoquímicamente. Ambos sitios son alcalinos y salinos, por lo que se considerarían con condiciones extremas [2]. Sus diferencias radican en que Cíntora es un lago intermitente, cuya permanencia depende prácticamente de la temporada de lluvias, este sitio no se encuentra muy perturbado por el hombre. Mientras que la Joya es un lago que es mantenido artificialmente, es una zona recreacional por

lo que hay un alto impacto antropogénico [3, 1]

Las Bacterias Magnetotácticas (MTB, del inglés: *Magnetotactic Bacteria*) son procariontes cosmopolitas acuáticas, mesófilas que prefieren hábitats con pH neutro, pero literatura reciente ha reportado MTB en sitios extremos [5]. Su característica principal es la presencia de magnetosomas que son vesículas formadas por una bicapa de fosfolípidos que envuelven un cristal intracelular de mineral de hierro magnético (Magnetita o Greigita) de dominio único y se encuentran alineados dentro de las células formando una o varias cadenas [6].

La presencia de las MTB, sorpresivamente no depende de una alta concentración de hierro sino de la existencia de una Zona de Interfase Óxica-Anóxica (OAI del inglés: *Oxic-Anoxic Interface*) [5] generalmente localizada en la interfase agua-sedimento, que es consistente con el estilo de vida microaerófilico a anaerobio de estas bacterias [8]. Para encontrar la OAI en una columna de agua una bacteria no magnetotáctica tendría que “buscar” en las tres direcciones del espacio, sin embargo, gracias a que, en las bacterias magnetotácticas la célula entera se comporta como un imán por el alineamiento de los magnetosomas, la

célula sólo tiene que nadar a lo largo de las líneas del campo magnético terrestre, de esa manera reduce la búsqueda de la zona OAI a una sola dimensión espacial, este fenómeno es conocido como Magnetoerotaxia [6]. Las MTB del hemisferio norte se orientan buscando el norte geomagnético, mientras que en el sur predominan las que buscan el sur, alejándose de la superficie [4].

Las MTB posiblemente juegan un importante papel ecológico en muchos sedimentos, como el ciclado biogeoquímico de nutrientes, magnetización de los sedimentos [8]. La magnetita de origen biológico tiene varias aplicaciones por lo que se ha estimulado su estudio, incluso botecológico, por ejemplo, se propone que sea utilizada como biomarcador ya que se conserva mejor en los sedimentos a comparación de otros marcadores biológicos; o como nanopartícula magnética [6] sin embargo su explotación comercial no se ha logrado por las dificultades que implica su cultivo.

A pesar de su abundancia, el aislamiento y cultivo de estas bacterias es problemático sobre todo por su estilo de vida. Las MTB dependen de patrones complejos de gradientes químicos verticales y de óxido-reducción (redox), que son difíciles de mimetizar en condiciones de laboratorio. Ya que no se conocen condiciones de crecimiento o medios estrictamente selectivos para el cultivo de MTB, la separación efectiva de las células magnetotáticas y de los contaminantes no magnéticos es crucial para su aislamiento [8].

OBJETIVO

El objetivo de este trabajo fue observar y cultivar MTB obtenidas de los Lagos Cráter Cíntora y La Joya.

METODOLOGÍA

Muestreo

Los muestreos se realizaron en dos Lagos Cráter del Estado de Guanajuato, La Joya (Coordenadas UTM 20.205635 N, -101.129579 W) y Cíntora (20.356447 N, -101.213270 W). En Cíntora en el día de muestreo se observó la presencia de dos lagunas, que fueron denominadas Laguna Chica y Laguna Grande. Para ambos sitios se midieron los mismos parámetros fisicoquímicos *in situ*, pH, salinidad y temperatura con instrumentos de campo. También, en cada sitio, se tomaron muestras de sedimento y agua para completar la caracterización fisicoquímica y realizar la caracterización microbiológica y la observación de MTB.

En un frasco estéril de vidrio y boca ancha con capacidad de 1 L se colectó sedimento, éste se tomó de una zona con aproximadamente 20 cm de profundidad (a partir de la superficie del agua), llenando el frasco a $\frac{3}{4}$ con sedimento y $\frac{1}{4}$ con agua del sitio para que posteriormente se formara la interface sedimento-agua. Este frasco se destinó para las pruebas con MTB. En el laboratorio se envolvió en papel aluminio y se almacenó a temperatura ambiente en oscuridad con la tapadera sobrepuesta.

En un tubo FALCON[®] estéril con capacidad de 50 mL se tomó muestra del sedimento superficial y añadió agua del sitio. Estos tubos se destinaron a pruebas

microbiológicas por lo que todo el tiempo se aseguró un ambiente de esterilidad logrado con la flama de un soplete portátil y el uso de guantes de látex. Aquél se envolvió con papel aluminio y se almacenó a 4 °C.

Se colectó agua del sitio en botellas de plástico limpias. Esta agua posteriormente fue esterilizada por lo que un ambiente de esterilidad no era requerido al momento de la colecta. Como Laguna Chica de Cíntora era poco profunda, sólo se colectó agua de Laguna Grande.

Caracterización química y microbiológica

Se realizó el análisis de los nutrientes Nitrógeno Amoniacal (NH₄), Fósforo (PO₄) y Nitratos (NO₃) con el kit comercial HACH[®] Color Cube Test, siguiendo las instrucciones proveídas por el kit y la determinación se hizo por espectofotometría. Las pruebas microbiológicas que se realizaron fueron Unidad Formadora de Colonias (UFC) en placa y Número Más Probable (NMP). Estas pruebas son para el cultivo de bacterias mesófilas aerobias y no revelan la presencia de MTB pero sí el estado de la comunidad microbiana del sitio. Hay que remarcar que se realizan dentro de las primeras 24 horas inmediatas al muestreo para obtener las condiciones reales del sitio y evitar contaminación.

Aislamiento, observación y cultivo de MTB

Para el aislamiento de las MTB, la interfase de la muestra de sedimento en el frasco de vidrio de 1 L, se expuso al polo norte de un imán de neodimio durante 30 minutos. Transcurrido el tiempo, se re-

cuperó 1 mL de la interfase expuesta al campo magnético y se transfirió a un microtubo Eppendorf[®] de 1 600 µL; una vez formada la interfase, ésta también fue expuesta al polo norte de otro imán de neodimio durante 20 minutos; después de ese lapso, se recuperaron aproximadamente 700 µL de la interfase expuesta al campo magnético. La muestra recuperada se colocó en un capilar sellado y con un tapón de algodón para simular la condición óxica-anóxica; el capilar se colocó dentro de un electroimán durante 10 minutos, con la punta expuesta al polo norte. Completados los 10 minutos, de la punta expuesta al campo magnético se recuperaron aproximadamente 30 µL de muestra. Una gota se utilizó para observar la magnetotaxia en un microscopio óptico de campo claro y el resto se utilizó como inóculo bajo condiciones de microaerofilia.

Para el cultivo de las MTB, se preparó un Medio Mínimo Mineral (MMS) adicionado con los minerales del agua del sitio. Para que éste quedara semisólido, se agregaron 2.75 mL de agar previamente lavado y 23.25 mL de agua del sitio en dilución 1:1 (el agua fue filtrada y esterilizada tres veces antes de su empleo), en el caso de Cíntora. Para las muestras de La Joya se prepararon dos cultivos, uno de estos con el agua del sitio a una dilución 1:1 enriquecido con Fe₂SO₄ y otro medio adicionando Fe₂SO₄ y extracto de levadura como fuente de carbono. Se inoculó la muestra recuperada del capilar y se hicieron diluciones de este hasta 10⁻³. Los tubos se envolvieron en papel aluminio y se dejaron a temperatura ambiente en oscuridad.

La magnetotaxia se observó en la gota recuperada en un portaobjetos con mi-

croscopio óptico de campo claro, con un aumento de 1,000X exponiendo la muestra al polo norte de un imán de neodimio cambiándolo repetidamente de posición

para observar la migración de las MTB.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 9.1: Caracterización fisicoquímica y microbiológica

| | Cíntora | | La Joya |
|---------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | Laguna Chica | Laguna Grande | |
| pH (g/L) | 9.35 | 9.40 | 9.46 |
| Salinidad (g/L) | 1.30 | 1.23 | 1.46 |
| Temperatura (°C) | 36–37 | 28–29 | 27 |
| NH ₄ (mg/L) | | 1 | 14.5 |
| PO ₄ (mg/L) | | 5.75 | 12.5 |
| NO ₃ (mg/L) | | 0.25 | 2.75 |
| UFC ¹ (Cel/mL) | 3×10 ⁶ | 7.5×10 ⁵ | 1×10 ⁷ |
| NMP ² (Cel/mL) | 3.4×10 ³ | 3.4×10 ³ | 3.4×10 ³ |

¹ Unidad Formadora de Colonia

² Número Más Probable

Los tres sitios presentan altos niveles de pH (mayor de 8.5), considerando a los microorganismos que ahí habitan como alcalófilos. La salinidad para los dos lagos fue entre 1.2 y 1.4, lo que no clasifica estos sitios como salinos. Contrario a lo que la literatura describe [2], la salinidad de Cíntora resultó ser baja (menor a 3.5), clasificándolo como un lago no salino, Tabla 9.1.

De los medios utilizados para el aislamiento de las muestras de Cíntora, no en todos se logró una consistencia semisólida, o sea en estos no se formó una marcada OAI que favorezca el cultivo de las MTB. Todos los medios de la muestra de La Joya quedaron Semisólidos y sí se formó una marcada OAI. Por otro lado, como se utilizó el agua del sitio, la com-

posición química de ésta pudo interferir de modo significativo en la composición del medio, sobre todo cuando se trata de muestras ricas en iones o sustancias solubles, como es el caso de los sitios estudiados, en este caso se sugiere hacer pruebas variando la cantidad de agar hasta encontrar la proporción más precisa.

Durante el tiempo de incubación (30 días) en ningún medio se observó el crecimiento de colonias, pero este resultado estaba previsto, puesto que el cultivo de bacterias extremófilas es difícil, ya que éstas necesitan de mucho tiempo para que su crecimiento sea observado puesto que tienen requerimientos fisiológicos muy específicos, aún desconocidos. Sin embargo, en las muestras de sedimento se observó la Magnetotaxia de las MTB

bajo el microscopio óptico, por lo que se considera posible y factible que se pueda aislar estos microorganismos de los lagos estudiados con las condiciones metodológicas que empleadas en este tra-

bajo.

En la Figura 9.1 se observa el cambio de movimiento que presenta una MTB al ser expuesta a un campo magnético.

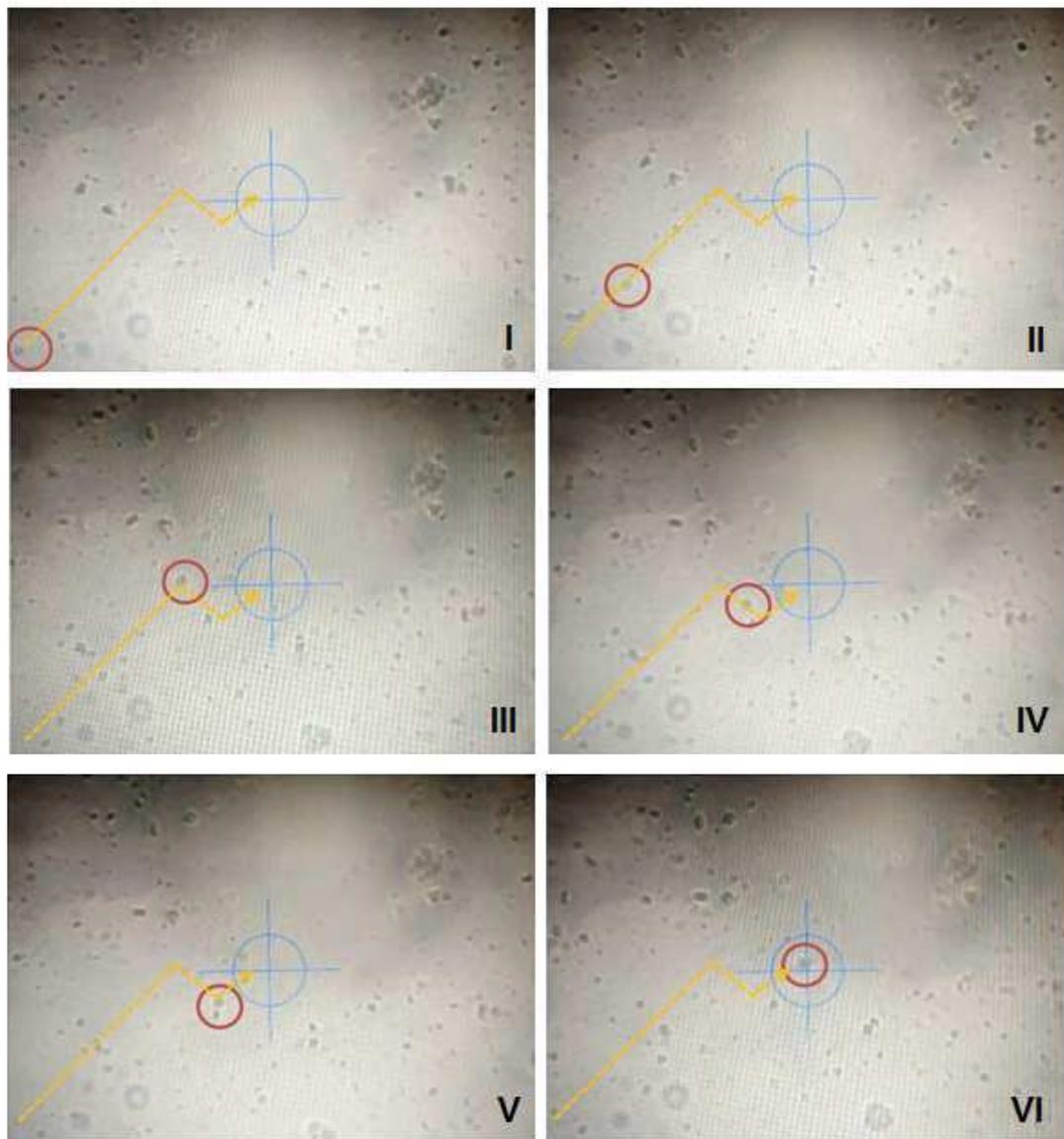


Figura 9.1: Se observa el movimiento de una bacteria (I y II) que cambia de dirección cuando es sometida a un campo magnético (III y IV) y cuando éste es retirado, la bacteria continúa moviéndose en la dirección inicial (V y VI).

CONCLUSIONES

Se logró la observación de MTB con microscopio óptico en las muestras de los lagos seleccionados como área de estudios. Ambos lagos se pueden considerar como sitios extremos respecto a su alcalinidad.

AGRADECIMIENTO

A la Dra. Elcia Margareth Souza Brito y su equipo. A la Universidad de Guanajuato. Al programa de Verano Científico de la Academia Mexicana de Ciencias.

REFERENCIAS

- [1] Barrientos Rivera, G. (2014). *Propuesta de prácticas de conservación de suelos en ambientes semiáridos: Caso microcuenca La joya (Querétaro-Guanajuato)* (Doctoral dissertation).
- [2] Cruz, A. A., Melgarejo, E. D., Contreras, R. E. A. V., y González, G. M. A. (2012). *La Biodiversidad de Guanajuato: Estudio de Estado*, volumen II. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de Biodiversidad (CONABIO)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE).
- [3] Escolero, Ó. A., & Alcocer, J. (2004). Desección de los lagos cráter del Valle de Santiago, Guanajuato. *El Agua el Mexico vista desde la academia. Academia Mexicana de Ciencias, México*, 99-115.
- [4] Guerrero, R., & Berlanga, M. (2000). *Bacterias magnetotácticas, hoy y hace 3800 millones de años*. *Actualidad SEM* (29), 14-20.
- [5] Lefèvre, C. T., & Bazylinski, D. A. (2013). *Ecology, diversity, and evolution of magnetotactic bacteria*. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 77(3), 497-526.
- [6] Pérez-González, T., Valverde-Tercedor, C., & Jiménez-López, C. (2010). *Biomineeralización bacteriana de magnetita y aplicaciones*. *Seminarios de la Sociedad Española de Mineralogía*, 7, 58-74.
- [7] Puente-Solís, I. (2004). *Estratigrafía e historia eruptiva del cráter de explosión Hoya Cíntora, Gto.: Universidad Autónoma de San Luis Potosí* (Doctoral dissertation, Tesis profesional, 107 p).
- [8] Schüller, D. (1999). *Formation of magnetosomes in magnetotactic bacteria*. *Journal of molecular microbiology and biotechnology*, 1(1), 79-86.



UNIVERSIDAD
DE GUANAJUATO

Campus Guanajuato
División de Ingenierías



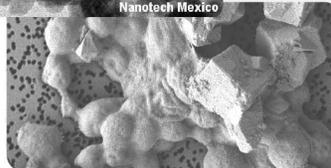
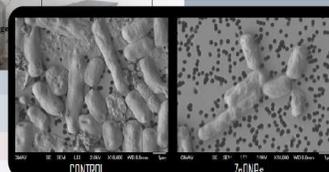
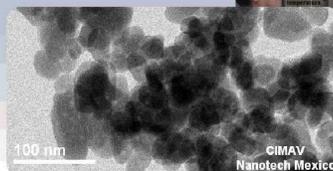
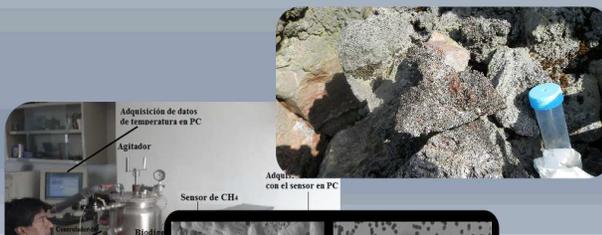
3er. Simposio Internacional de Tecnología y Biotecnología aplicada a la resolución de problemas ambientales

31 de Agosto a 2 de Septiembre de 2015

SIBA, el ambiente de discusión y de intercambio de conocimiento entre expertos, profesores y estudiantes, en el área de procesos aplicados en la Ingeniería Ambiental.



- Metodologías Innovadoras aplicadas a Bioprocesos
- Tratamiento de Residuos
- Tecnologías Aerobias y Anarobias
- Energía
- Bioprocesos
- Biorremediación
- Biotecnología
- Nanotecnología
- Tratamiento de Agua



Organización:



Cuerpo Académico de
Bioingeniería, Biotecnología y
Gestión Ambiental

Departamento de Ingeniería Civil
División de Ingenierías
Campus Guanajuato

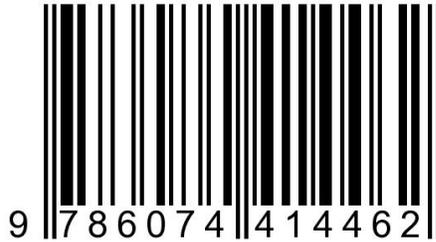
www.ugto.mx

<http://www.di.ugto.mx/SIBA>



“TECNOLOGÍA Y BIOTECNOLOGÍA APLICADA A LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS AMBIENTALES”

ISBN: 978-607-441-446-2



D.R. © 2016 Universidad de Guanajuato

Memorias del Tercer Simposio Internacional de Bioingeniería Ambiental,
organizado por el “Grupo de investigación de Bioingeniería, Biotecnología y
Gestión Ambiental”

Guanajuato, Guanajuato. México
31 de Agosto a 2 de Septiembre de 2015

**“TECNOLOGÍA Y BIOTECNOLOGÍA APLICADA A LA
RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS AMBIENTALES”**

Primera edición 2016

D.R. © 2016 Universidad de Guanajuato
Lascuráin de Retana 5, Zona Centro.
Guanajuato, Gto. CP. 3600

Edición: Grupo de Investigación “Bioingeniería, Biotecnología y Gestión Ambiental”
Julio César Valerdi Negreros
Arodi Bernal Martínez
Gemma Cervantes
Germán Cuevas Rodríguez
Sergio Antonio Silva Muñoz
Elcia Margareth Souza Brito

ISBN: 978-607-441-446-2

Índice

- 1** | CAPÍTULO 1
PREFACIO
- 3** | CAPÍTULO 2
LA BIOINFORMÁTICA Y SUS APLICACIONES EN LA ECOLOGÍA MICROBIANA
Bertin, P.
- 9** | CAPÍTULO 3
EFFECT OF CuONPs OVER BACTERIAL COMMUNITIES OF AGRICULTURAL SOIL
Concha-Guerrero, Sandra-I.; Souza-Brito, Elcia-Margareth; Gassie, C.; Bertin, P.; Caretta, César-A.; Durán, Robert; Orrantia-Borunda, Erasmo
- 19** | CAPÍTULO 4
MODELAMIENTO Y CARACTERIZACIÓN DE UN BIODIGESTOR ANAEROBIO PARA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS A PARTIR DE RESIDUOS DE CABRA Y DE CONEJO
M.-García, Martín-T.; G.-García, Jessica-J.; M.-Ramírez, Jose-L.
- 27** | CAPÍTULO 5
DEGRADACIÓN DE LIGNINA MEDIANTE EL PROCESO FENTON
Olivo-Toledo, Jenifer; Martínez-Herrera, Gabriel
- 33** | CAPÍTULO 6
PHYSIOLOGIC CHARACTERIZATION OF ANAEROBIC STRAINS ISOLATED FROM EXTREME SITES
Pérez-Bernal, María-Fernanda; Souza-Brito, Elcia-Margareth; Cuevas-Rodríguez, Germán; Hirschler-Réa, Agnès; Guyoneaud, Rémy
- 41** | CAPÍTULO 7
AISLMIENTO DE BACTERIAS ANAÉROBICAS DE FUMAROLAS DEL VOLCÁN PARICUTÍN
Romero Nuñez, Victor-Manuel; Souza-Brito, Elcia-Margareth; Caretta, César-Augusto

- 47** | CAPÍTULO 8
ESTUDIO FILOGENÉTICO DE CEPAS AISLADAS DEL LAGO-CRÁTER
"RINCÓN DE PARANGUEO"
Rivera-Martínez, Laura-Guadalupe; Bertin, Pierre; Caretta, César-Augusto;
Guyoneaud, Rémy; Goni, Marisol; Malm, Olaf; Valerdi-Negreros, Julio-
César; Souza-Brito, Elcia-Margareth
- 55** | CAPÍTULO 9
ESTUDIO DE BACTERIAS MAGNETOTÁCTICAS EN LAGOS-CRÁTER:
CÍNTORA Y LA JOYA
Zatarain-P., Eva-Cecilia; Pérez-Vázquez, Miriam-Evelia; Valerdi-Negreros,
Julio-César; Brito-S., Elcia-Margareth
- 63** | CAPÍTULO 10
STUDY OF MAGNETOTACTIC BACTERIA IN ALKALINE ENVIRO-
MENTS OF VOLCANIC CRATER LAKES FROM *LAS SIETE LUMI-
NARIAS*
Pérez-Vázquez, Miriam-Evelia; Zatarain-P., Eva-Cecilia; Valerdi-Negreros,
Julio-César; Souza-Brito, Elcia-Margareth
- 69** | CAPÍTULO 11
TOXICIDAD DE NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE ZINC EN AISLA-
DOS DE SUELOS AGRÍCOLAS
Rico-Herrera, Mauricio-I.; Concha-Guerrero, Sandra-I.; Orrantia, E.; Luna-
Velazco, Antonia; Souza-Brito, Elcia-Margareth
- 77** | CAPÍTULO 12
TOXICIDAD DE LAS NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE ZINC (ZnO)
EN LEVADURAS PRESENTES EN UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE AGUAS RESIDUALES
González-Paniagua, Yutzil; Cervantes-Avilés, Pabel-A.; Concha-Guerrero,
Sandra-I.; Luna-Velazco, Antonia, Souza-Brito, Elcia-Margareth
- 87** | CAPÍTULO 13
CONCRETO HIDRÁULICO CON PET DE BOTELLAS
Chávez-Valencia, L.-E.; Ruiz-Jaime, C.-L.; Sánchez-Cadena, L.-E.

- 91** | CAPÍTULO 14
PAPERCRATE
Chávez-Valencia, L.-E.; Saucedo-Estrada, C.-A.; Mendoza-Puga, L.-E.
- 95** | CAPÍTULO 15
MICROORGANISMOS NATIVOS EN UN PROCESO DE BIOLIXIVIACIÓN
PARA RECUPERACIÓN DE PLATA A PARTIR DE RELAVES MINEROS
CON ALTO CONTENIDO DE MANGANESO
Huerta-Rosas, Brenda; Cano-Rodríguez, I.; Gamiño-Arroyo, Z.; Gómez-
Castro, F.-I.; Carrillo-Pedroza, F.-R.; Romo-Rodríguez, P.; Gutiérrez-
Corona, F.; Santiago-Sernas, P.-I.
- 103** | CAPÍTULO 16
PURIFICATION AND CHARACTERIZATION OF THE SECRETABLE
GOX ENZYME FROM Ed8 STRAIN OF *A. TUBINGENSIS*
Flores-Amaro, Oscar-Abraham; Romo-Rodríguez, Pamela; Corrales-
Escobosa, Alma-Rosa; Wrobel, Kazimierz; Wrobe, Katarzyna; Villagómez-
Castro, Julio-Cesar; Gutiérrez-Corona, Félix